

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-308044

(43)公開日 平成11年(1999)11月5日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 Q 21/06

11/08

識別記号

F I

H 0 1 Q 21/06

11/08

審査請求 未請求 請求項の数7 F D (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平10-124296

(22)出願日

平成10年(1998)4月17日

(71)出願人 000006758

株式会社ヨコオ

東京都北区滝野川7丁目5番11号

(72)発明者 岡戸 広則

東京都北区滝野川7丁目5番11号 株式会  
社ヨコオ内

(72)発明者 鈴木 光広

東京都北区滝野川7丁目5番11号 株式会  
社ヨコオ内

(72)発明者 亀田 省三郎

東京都北区滝野川7丁目5番11号 株式会  
社ヨコオ内

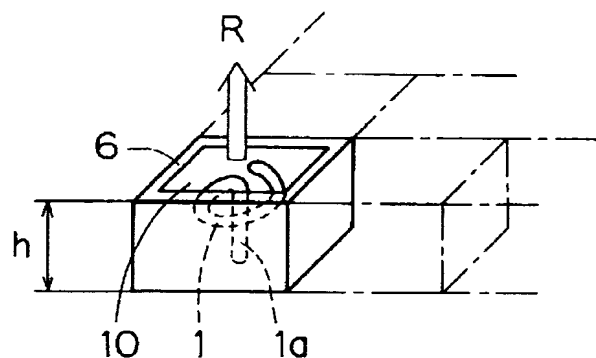
(74)代理人 弁理士 河村 冽

(54)【発明の名称】 アレーアンテナ

(57)【要約】

【課題】 場所によってアンテナ特性が変化したり、低下しないようなアレーアンテナを提供する。

【解決手段】 放射素子1が複数個並列される場合に、放射素子1の各々はその側部が導体壁6で囲まれてキャビティ10内に設けられる構造になっている。



1 放射素子

10 キャビティ

6 導体壁

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 放射素子が複数個配置されたアレーアンテナであって、前記放射素子の各々はその側部が導体壁で囲まれたキャビティ内に設けられてなるアレーアンテナ。

【請求項 2】 前記導体壁は、前記放射素子の上面とほぼ同じ高さまたはそれ以上の高さに設けられてなる請求項 1 記載のアレーアンテナ。

【請求項 3】 前記放射素子が、カール素子、スパイラル素子、ヘリカル素子、パッチ素子、およびジグザク素子から選ばれる少なくとも 1 種である請求項 1 または 2 記載のアレーアンテナ。

【請求項 4】 内壁の一面または相対する二面にリッジが設けられることによりリッジ導波管が形成され、該リッジ導波管に給電部が設けられると共に、該リッジ導波管の管軸方向に対して直角、かつ、リッジ導波管の幅広面に対して直角に結合用プローブが挿入され、該結合用プローブと一体または該結合用プローブの他端部と接続されて前記リッジ導波管の一壁面を構成する金属板から突出するように前記放射素子が設けられてなる請求項 1、2 または 3 記載のアレーアンテナ。

【請求項 5】 前記リッジ導波管が複数本並列に並べられ、該複数本のリッジ導波管の各給電部に給電するため、該並列に並べられた複数本の導波管と交差する方向に延びる第 2 のリッジ導波管が設けられ、該第 2 のリッジ導波管に設けられる第 2 の結合用プローブの他端部が前記複数のリッジ導波管のそれぞれに挿入されることにより給電され、前記第 2 のリッジ導波管に外部回路と接続し得る第 2 の給電部が設けられて平面アンテナが形成されてなる請求項 4 記載のアレーアンテナ。

【請求項 6】 前記複数本のリッジ導波管に結合される放射素子が第 1 の偏波の信号の送受信に形成され、該偏波と直交する偏波の信号を送受信し得る第 2 の放射素子が結合される第 3 のリッジ導波管が複数本形成され、前記第 1 のリッジ導波管と第 3 のリッジ導波管とが交互に配列され、該第 3 のリッジ導波管にそれぞれ給電するための第 4 のリッジ導波管が前記複数本の第 3 のリッジ導波管と交差する方向に延びて設けられてなる請求項 5 記載のアレーアンテナ。

【請求項 7】 前記リッジ導波管の管壁の一部が、前記複数本のリッジ導波管に共通の 1 枚の金属板により形成されてなる請求項 4、5 または 6 記載のアレーアンテナ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は放射素子が直線状または平面状に並べられるアレーアンテナに関する。さらに詳しくは、放射素子単体の電気特性を一様にしてアンテナ全体としての特性を向上させ得るアレーアンテナに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来のアレーアンテナは、たとえば図 9 に示されるようなカール素子やヘリカル素子などを給電部から突出させて直線状または平面状に並べて、それぞれの放射素子 1 から放射される電磁波の合成によりアレーアンテナとして形成される。このようなカール素子やヘリカル素子などを放射素子として使ったアレーアンテナにおいては、放射素子の振幅制御は給電回路で行われ、位相制御は放射素子の回転角  $\phi$  によって行われている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 前述のように、従来の放射素子を直線状または平面状に並べて形成されるアレーアンテナでは、各放射素子の回転角  $\phi$  を変化させることにより放射素子の給電位相を変化させている。しかし、その正面方向（ $z$  軸方向）では安定したアンテナ特性が得られるものの、斜め方向（ $z$  軸からたとえば  $\theta$  傾いた方向）では、その特性、とくにサイドローブレベルの特性が場所によって変化したり、悪化するという問題がある。この現象は前述のカール素子やヘリカル素子の場合に限らず、パッチ素子のような放射素子を並置してアレーアンテナが構成される場合でも同様に現れる。

【0004】 本発明は、このような問題を解決するためになされたもので、場所によってアンテナ特性が変化したり、低下しないようなアレーアンテナを提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、アレーアンテナにおいて、アレーアンテナの面と直角の方向から傾いた方向（ $\theta$  方向）でのアンテナ特性の変動や低下を防止するため鋭意検討を重ねた結果、同じ位置に設けられていても、前述のカール素子の回転角  $\phi$  を変化させると、 $\theta$  方向での一定の場所で信号の振幅や位相が周期的に変化し、非線形になっていることを見出した。このことは、パッチ素子などの給電部を異ならせて回転位相中心にしたものでも同様の現象が現れる。さらに、本発明者らはリッジ導波管を用いることにより、放射素子の間隔を短くすることができ、所望のアンテナ特性を得ることができるようになったが、放射素子の間隔が短くなると放射素子間での結合が生じ、その影響により  $\theta$  方向でのアンテナ特性に影響が現れることも判明した。すなわち、このような放射素子は放射素子自身の回転角  $\phi$  に対する対称性がなく、この非対称に起因して放射素子単体の性能が低下すること、隣接する放射素子間での結合が、斜めの方向でそのアレーアンテナ特性を変動させたり、劣化させる原因になっていること、という知見に基づき、放射素子単体での性能の改善および隣接する素子間での結合を防止することにより、斜め方向におけるアレーアンテナ特性についても安定した高特性のアレーアンテナが得られることを見出した。

【0006】本発明によるアレーアンテナは、放射素子が複数個配置される場合に、前記放射素子の各々はその側周部が導体壁で囲まれたキャビティ内に設けられる構造にされている。この構造にすることにより、周囲を覆う導体壁が導波管の機能を果たし、放射素子から放射される回転角 $\phi$ に対する非対称な信号電波でも導波管モードに修正されて、放射素子単体での性能が向上する。また、導体壁により、隣接する素子間の結合も排除されるため、場所や方向により性能が変動したり劣化することのない安定した性能のアレーアンテナが得られる。

【0007】前記導体壁は、前記放射素子の上面とほぼ同じ高さまたはそれより高く形成されておれば、十分に素子特性の回転角 $\phi$ に対する対称性が得られる。

【0008】内壁の一面または相対する二面にリッジが設けられることによりリッジ導波管が形成され、該リッジ導波管に給電部が設けられると共に、該リッジ導波管の管軸方向に対して直角、かつ、リッジ導波管の幅広面に対して直角に結合用プローブが挿入され、該結合用プローブと一体または該結合用プローブの他端部と接続されて前記リッジ導波管の一壁面を構成する金属板から突出するように前記放射素子が設けられている構造で前記アレーアンテナを構成することにより、放射素子間の間隔を狭くしてサイドローブの小さい高性能のアンテナを得ることができると共に、斜め方向に対してもアンテナ特性を安定させることができる。

【0009】前記リッジ導波管が複数本並列に並べられ、該複数本のリッジ導波管の各給電部に給電するため、該並列に並べられた複数本の導波管と交差する方向に延びる第2のリッジ導波管が設けられ、該第2のリッジ導波管に設けられた第2の結合用プローブの他端部が前記複数のリッジ導波管のそれぞれに挿入されることにより給電され、前記第2のリッジ導波管に外部回路と接続し得る第2の給電部が設けられることにより、平面アンテナが形成される。

【0010】また、前記複数本のリッジ導波管に結合される放射素子が第1の偏波の信号の送受信用に形成され、該偏波と直交する偏波の信号を送受信し得る第2の放射素子が結合される第3のリッジ導波管が複数本形成され、前記第1のリッジ導波管と第3のリッジ導波管とが交互に配列され、該第3のリッジ導波管にそれぞれ給電するための第4のリッジ導波管が前記複数本の第3のリッジ導波管と交差する方向に延びて設けられることにより、複数の偏波を送受信することができると共に、斜め方向でも回転角 $\phi$ に対して変動しない安定な特性のアレーアンテナが得られる。

【0011】

【発明の実施の形態】つぎに、図面を参照しながら本発明のアレーアンテナについて説明をする。

【0012】本発明のアレーアンテナは、図1に1個の放射素子1の部分が示されるように、放射素子1が複数

個配置される場合に、放射素子1の各々はその側部が導体壁6で囲まれてキャビティ10内に設けられる構造になっている。

【0013】前述のように、本発明者らはアレーアンテナにおいて、放射素子が配置される面に対して垂直方向から傾いた斜め方向におけるアンテナ性能が変動したり、低下する原因について鋭意検討を重ねて調べた結果、放射素子1の回転角 $\phi$ に対する非対称性に基づく放射素子単体での性能の変動に起因していることを見出した。すなわち、図2(a)に示されるようなカール素子1の放射方向(垂直方向)R(図1参照)からの傾き角 $\theta$ が広角(たとえば $60^\circ$ 以上)の方向での、カール素子1の放射特性である振幅および位相を回転角 $\phi$ を変化させて調べた結果、図2(b)に示されるように、カール素子1の回転角 $\phi$ により、振幅および位相の両方とも周期的に変化していた。これは、角度 $\theta$ が大きくなると、結合用プローブ(中心軸)1aからの電磁波の輻射成分が見えること、結合用プローブ(中心軸)1aに対して回転対称な形状でないこと、のためであると考えられる。この観点から、前述のようにカール素子でなくても、スパイラル素子やヘリカル素子でも同様に中心軸からの輻射成分があると共に中心軸に対して非対称になり、また、パッチ素子でも給電点の位置により各素子の位相が調整され、給電点に対して回転位相中心が異なるため非対称となり、同様の傾向が現れる。

【0014】そして、前述のように導体壁6で囲まれたキャビティ10内にカール素子1を設けることにより、放射素子1自身の電氣的対称性が得られ、斜め方向においても回転角 $\phi$ に対する線形特性が得られることを見出した。すなわち、前述の導体壁6が周囲に設けられたカール素子1の回転角 $\phi$ を変えたときの同じ条件での振幅および位相の変化を調べた結果、図2(c)に示されるように、振幅は一定で、位相はリニアに変化し、非常に対称性が向上した。そして、この放射素子1を並べて、アレーアンテナを形成した結果、垂直方向から傾いた方向においても、アンテナ特性が変動したり劣化しないで、安定した高特性のアレーアンテナが得られた。これは、放射素子1が導体壁6で囲まれて少なくとも放射素子1の表面まで被覆されることにより、その表面まで導波管モードで電磁波が伝搬し、導波管モードの電氣的に対称な電磁波として放射されるためと考えられる。

【0015】放射素子1は、図1に示される例では、リード線がカール状に一定の角度で巻回されたカール素子の例で、その一端部側はカール素子と連続して、または別リードの接続により結合用プローブ(中心軸)1aとして、図示しないたとえば導波管内に結合され、給電部と接続される構造になっている。この放射素子1は、カール素子でなくても、図8(a)~(d)に示されるようスパイラル素子、ヘリカル素子、パッチ素子(パッチ状平面アンテナ素子)、ジグザグ素子(右に平面図が示

されるように、平面内で九十九折りにされているアンテナ素子) などでも同様である。

【0016】導体壁6は、金属板などの表面が導体で覆われているものであればよく、たとえばプラスチックなどの絶縁物でもその表面に導体膜が設けられておればよい。また、図1に示される例では、1個の放射素子1の部分のみが図示されており、1個の放射素子1だけを個別に導体壁6で覆う構造になっているが、実際には並列される放射素子1の間に金属板などが格子状に設けることにより個々の放射素子1が導体壁6で覆われる構造になる。この導体壁6は、通常は導波管の一壁面または接地板上に放射素子1が延出して設けられ、その接地板上に接続して設けられることによりアースに接続される。しかし、パッチ素子のように接地板上の誘電体基板上に設けられる場合は、誘電体基板上に設けてその導体壁を接地しても同様の効果が得られる。もちろん、導体壁の部分の誘電体基板を除去して接地板上に直接接触するように設けることもできる。

【0017】また、導体壁6の高さhは放射素子1の突出高さ程度またはそれより数mm程度高く形成されておればよい。すなわち、この導体壁6を設ける目的は前述のように、放射素子1から放射される電磁波が導波管モードで伝搬する電磁波として放射されるようにするためのもので、放射素子1と結合(給電)される導波管または同軸ケーブルなどの正常な伝送モードを放射素子1の表面まで維持すれば、放射素子1の非対称性に拘らず、導波管モードとして放射されるからである。したがって、この導体壁6で囲まれたキャビティ10内を電磁波が伝搬する構造になり、導体壁6の間隔が余り狭くなってカットオフ周波数以下になると設ける意味がなくなる。しかし、並列される放射素子1の間隔は少なくとも伝搬し得る間隔(導波管との結合であれば $\lambda/2$ )で設けられているため、隣接する放射素子1の間に隔壁として金属板を挿入して導体壁6が設けられることにより、十分に導波管モードを維持することができる。

【0018】この導体壁6は、断面が正方形になるように設けられることが、回転角 $\phi$ に対する対象構造が得られるため好ましい。したがって、放射素子1がマトリクス状に配列される平面アンテナで、アンテナ特性により、その放射素子1の間隔が縦と横とで異なる場合は、異なる厚さの金属板を放射素子1の間に挿入することが好ましい。また、前述の導波管モードを放射素子の先端まで維持するという目的からはキャビティ10は矩形でなくてもよく、円筒状に導体壁を設けることもできる。しかし、円形導波管では矩形導波管よりカットオフ周波数が高くなるため、同じ周波数に対して直径を矩形の一边の長さより大きくする必要があり、放射素子の間隔を狭くする必要がある場合は矩形の方が好ましい。

【0019】本発明によれば、放射素子の側周囲が導体壁により囲まれて開口面を有するキャビティが形成され

ているため、キャビティを導波管と見なすことができ、電磁波は導波管内伝搬モードとしてキャビティの中を伝搬しながら放射素子の表面の開口面から放射される。そのため、導波管モードの様な電磁界分布により放射され、個々の放射素子としての特性が一樣になる。また、隣接する素子間で結合が強い場合であっても、その間に導体壁が設けられているため、隣接する素子間での結合も防止することができる。その結果、この放射素子を用いて個々の放射素子の位相を調整するように、たとえば回転角を変化させて配列することによりアレーアンテナを構成しても、放射素子単体の特性が一樣になっているため、総合特性が理論計算通りの非常に安定した高特性になる。

【0020】つぎに、この放射素子を、損失が少なく放射素子の間隔を小さくすることができるリッジ導波管に結合する平面アンテナについて説明をする。

【0021】図3(a)は、その一実施形態の斜視説明図で、図3(b)~(c)はそのB-B線、C-C線の断面説明図である。

【0022】この例は、図4に示されるリッジ導波管を用いた直線アレーアンテナを並列に並べたもので、ここでは、導波管2の上面の金属部分を取り除き、複数本の導波管に共通の1枚の金属板2cで閉塞されるように、金属板2cの裏面に上面が除去された第1のリッジ導波管2が並列に複数本並べて取り付けられている。また、金属板2cの放射素子1の取付部に貫通孔が設けられ、誘電体4を介して結合用プローブ1aの一端部がリッジ導波管2内に挿入され、他端部に放射素子1が設けられている。そして、このアレーアンテナが複数本並列に並べられることにより、2次元に構成されていると共に、この複数本の第1のリッジ導波管2に給電できるように、この第1のリッジ導波管2の裏面側にさらに第2のリッジ導波管5が、たとえばリッジ導波管2の中心部を横断する(直交する)ように設けられている。そして、第2のリッジ導波管5の底面にコネクタ3bおよび給電用プローブ3aが設けられ、給電用プローブ3aがリッジ5aに設けられた貫通孔を経て第2のリッジ導波管5の空洞内に挿入されている。そして、第1および第2のリッジ導波管2、5の空洞部につながるように、図示しない誘電体4を介して第2の結合用プローブ1bが設けられて、第1のリッジ導波管2に給電される構造になっている。

【0023】すなわち、コネクタ3bを介して外部回路から給電されて第2のリッジ導波管5に結合され、第2のリッジ導波管5と複数本の第1のリッジ導波管2との間を第2の結合用プローブ1bにより結合して第1のリッジ導波管2に給電されている。この結合の強さも、結合用プローブ1bの挿入深さを調整することにより、自由に設定することができる。その結果、第1のリッジ導波管2のそれぞれと結合して設けられた放射素子1から

平面的に信号が放射されたり、受信することができる。

【0024】図3のアレーアンテナを構成する一列の直線アレーアンテナは、たとえば図4(a)にその一例の斜視説明図が、図4(b)～(c)にそのB-B線、C-C線の一部の断面説明図がそれぞれ示されるように、両端を短絡板2bにより短絡し、実質的に矩形の断面を有する導波管の長手方向の内壁の一面にリッジ2aが形成されたリッジ導波管2の管軸方向に直角、かつ、リッジ導波管の幅広面に対して直角に結合用プローブ1aが挿入され、その結合用プローブ1aと一体でまたは接続して放射素子1が管軸方向に沿って複数個設けられることにより構成されている。結合用プローブ1aは、リッジ導波管2の管壁の部分では、その位置が動かないように、かつ、管壁と接触しないように、誘電体4で保持されている。リッジ導波管2には、図4に示される例では、リッジ2aが設けられた下面から給電用プローブ3aが挿入され、コネクタ3bを介して外部回路と接続することができる給電部3が設けられている。

【0025】このリッジ導波管2の一壁面となる金属板2c上に突出する放射素子1をそれぞれ仕切るように金属板が格子状に設けられており、放射素子1のそれぞれの周囲が導体壁6で覆われている。その結果、放射素子1が1個づつ導体壁6により囲まれることにより、方形キャビティ10内に放射素子1が存在することになり、前述のように導波管内の伝搬モードとなり、キャビティ開口面における電磁界分布が様になる。このときの放射パターンを図5に示す。導体壁が設けられない従来の放射パターンは図5に点線で示されるようなサイドローブが現れていたが、本発明によればサイドローブが非常に小さく高特性のアンテナが得られた。

【0026】なお、図3では4本のリッジ導波管を並置した例が図示されているが、この本数は、必要なアンテナ特性が得られるようにn本のリッジ導波管を並置することができる。また、コネクタ3b側に図示しない整合回路が設けられることにより給電部とリッジ導波管とのマッチングを取ることもできる。

【0027】図6は、リッジ導波管に結合する平面アンテナの他の例である。この例は、導体壁6を円筒状に形成したもので、図5に示される例では、導体壁6が1枚の金属板に円形の貫通孔6aが設けられることにより形成されている。このような構造にすることにより、非常に簡単に形成することができる。なお、図3と同じ部分には同じ符号を付してその説明を省略する。

【0028】図7は、平面アンテナのさらに他の実施形態の図3(a)と同様の説明図であるが、導体壁を省略して図示してある。この例は、たとえば右旋円偏波と左旋円偏波の両偏波を送受信することができるように直交する偏波のアンテナが設けられた例である。すなわち、たとえば右旋円偏波用の放射素子1が第1のリッジ導波管2に並べられて形成された右旋用アレーアンテナと、

左旋円偏波用の放射素子9が第3のリッジ導波管7に並べて結合された左旋用アレーアンテナとが、1本おきに並べられている。そして、第1のリッジ導波管2に給電するための第2のリッジ導波管5および第3のリッジ導波管7に給電するための第4のリッジ導波管8が、それぞれ第1および第3のリッジ導波管2、7と直交するように設けられている。この第2および第4のリッジ導波管5、8には、図示されていないが、前述のようにコネクタが設けられており、外部回路と給電することができるようになっている。

【0029】このような構造にすることにより、2以上の偏波を送受信することができる平面アンテナを斜め方向でもアンテナ特性を劣化させることなく送受信することができる。なお、図7に示される例では、右旋円偏波用の放射素子1と、左旋円偏波用の放射素子9とがずれて配置されるように構成されている。図7に示されるように右旋円偏波用と左旋円偏波用とをずらせて配置することにより、放射素子間の距離が大きくなり、相互の影響を減らすことができるため一層好ましい。また、前述の例では、右旋円偏波用と左旋円偏波用の直交する円偏波の送受信用であったが、直線偏波の水平偏波用と垂直偏波用などの直交する偏波用のアンテナにすることもできる。

#### 【0030】

【発明の効果】本発明によれば、放射素子をキャビティ構造内に配置しているため、素子単体の電気的特性がその回転角に対して様になる。さらに、隣接する放射素子間での相互作用を防止することができ、アレーアンテナとしてのアンテナ特性、とくにサイドローブ特性を非常に改善することができる。すなわち、理論計算通りに製造することができる。その結果、非常に高特性で、かつ、斜め方向に対しても特性が低下しないアレーアンテナが得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のアレーアンテナの一実施形態の1個の放射素子部分の説明図である。

【図2】放射素子の回転角に対する特性の変化を示す説明図である。

【図3】図1の放射素子を並べて平面アンテナを構成した例の説明図である。

【図4】図3の直線状アレーアンテナの説明図である。

【図5】図3のアレーアンテナによる放射パターンを示す図である。

【図6】本発明のアレーアンテナの他の実施形態の説明図である。

【図7】平面アンテナの構成の他の例を示す説明図である。

【図8】放射素子の例を示す図である。

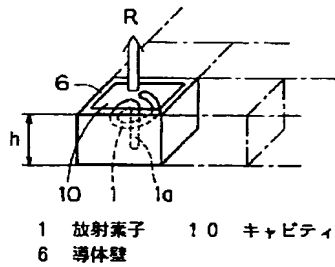
【図9】従来のアレーアンテナに用いるパッチ素子の方角による特性の説明図である。

## 【符号の説明】

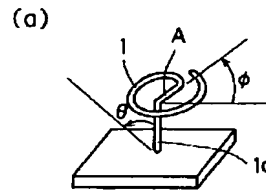
- 1 放射素子  
2 リッジ導波管

- \* 6 導体壁  
10 キャビティ  
\*

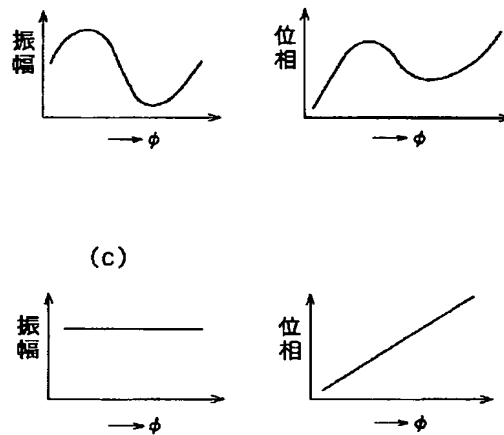
【図 1】



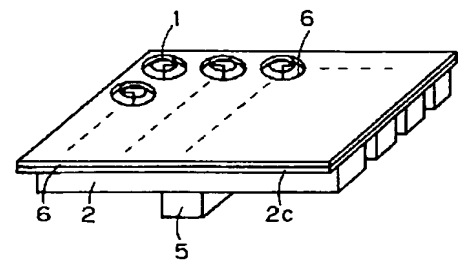
【図 2】



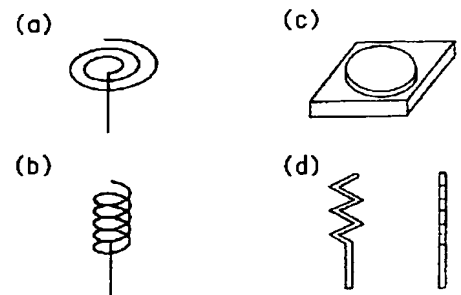
(b)



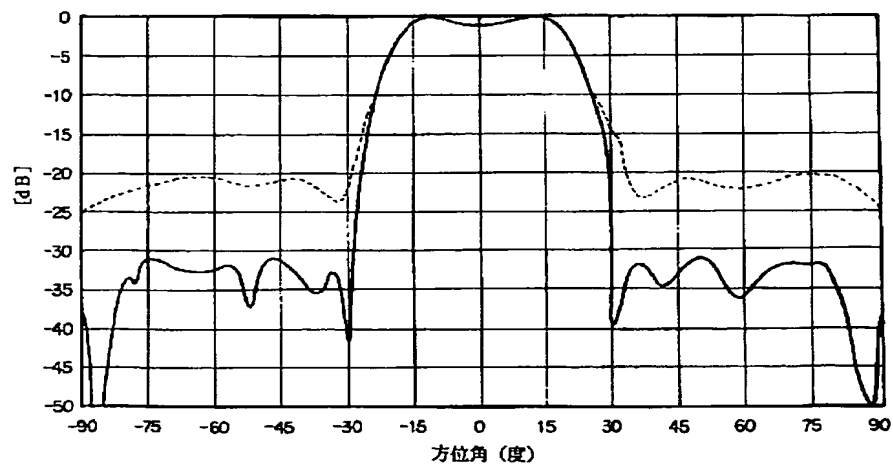
【図 6】



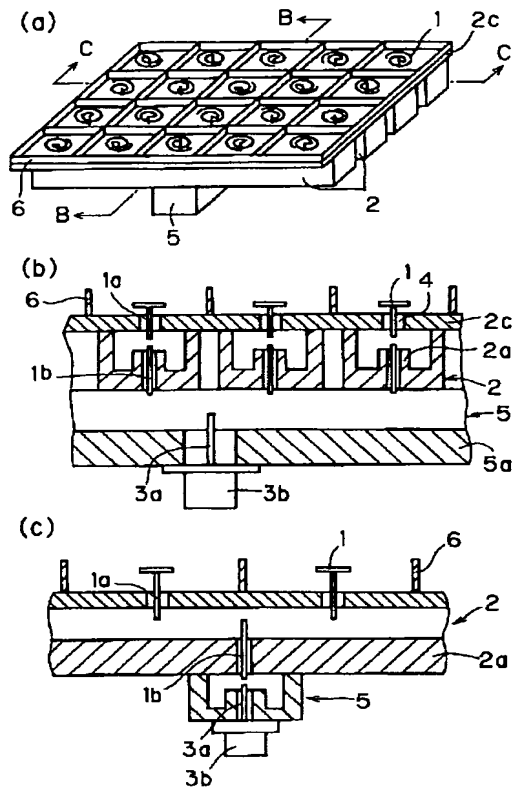
【図 8】



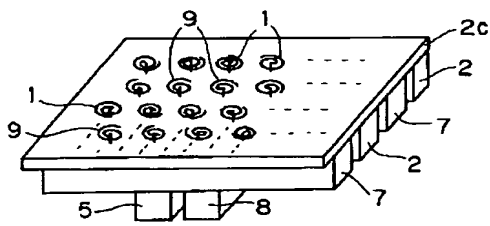
【図 5】



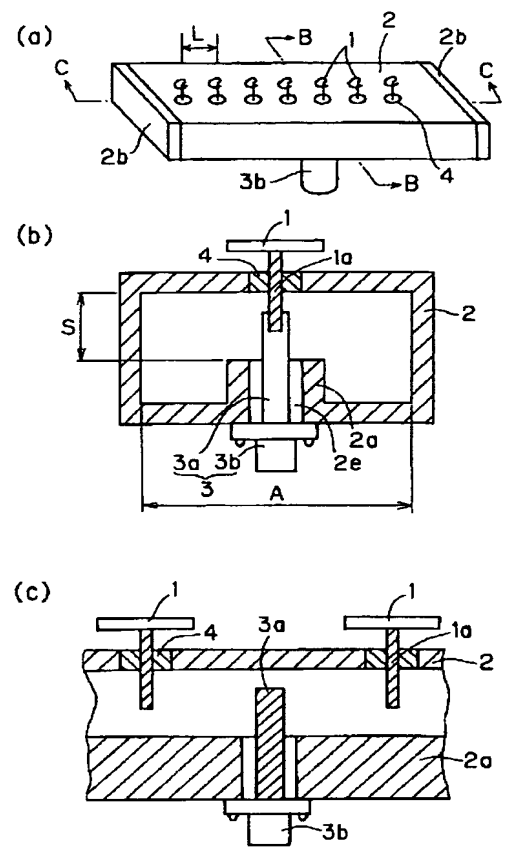
【図 3】



【図 7】



【図 4】



【図 9】

